

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-023384

(43)Date of publication of application : 29.01.1999

G01L 1/16  
G01L 5/00

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

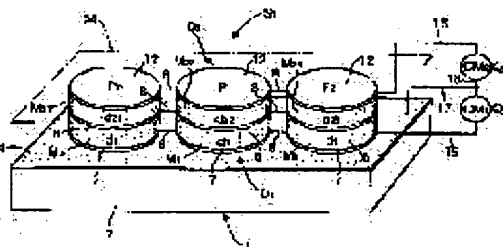
(72)Inventor : HIRABAYASHI YUSUKE  
OTA MASAHIRO

(54) PIEZOELECTRIC LOAD SENSOR

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a piezoelectric load sensor which enables quickly detecting of a load acting position and a load itself requiring no complicated signal processing mechanism by minimizing a measuring physical quantity.

**SOLUTION:** A piezoelectric load sensor S1 is provided with a first detection body D1 having a uniform piezoelectric constant  $d_1$  as a whole and a second detection body D2 having a piezoelectric constant  $d_{21} > d_{22} > d_{23}$  which gradually decreases to the other end part side from one end part side thereof. A ratio  $Q_2/Q_1$  of both output values  $Q_1$  and  $Q_2$  of the first and second detection bodies D1 and D2 is used for the detection of a load action position. For example, when a load works on a part P0 of the piezoelectric constant  $d_{21}$ ,  $Q_2/Q_1 = d_{21}/d_1$ . The  $d_{21}/d_1$  can be previously determined as known value and hence, if this value is almost equal to  $d_{21}/d_1$  from measured values, the loading acting position is given by P0. Output value  $Q_1$  of the first detection body D1 is used for the detection of a load  $F(N)$ . That is,  $F = Q_1/d_1$ .



## LEGAL STATUS

28.11.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-23384

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月29日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>G 0 1 L 1/16  
5/00

識別記号

1 0 1

F I

G 0 1 L 1/16  
5/00

1 0 1 Z

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-178541

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月3日

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 平林 祐輔

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内

(72) 発明者 大田 正弘

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内

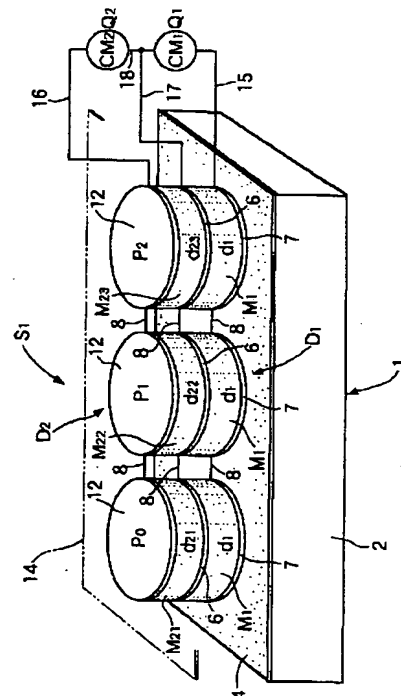
(74) 代理人 弁理士 落合 健 (外1名)

(54) 【発明の名称】 圧電式荷重センサ

(57) 【要約】

【課題】 計測物理量を少なくすることにより複雑な信号処理機構を必要とせずに、荷重作用位置の検出およびその荷重の検出を迅速に行うことが可能な圧電式荷重センサを提供する。

【解決手段】 圧電式荷重センサ  $S_1$  は、全体に亘り均一な圧電定数  $d_1$  を持つ第1検出体  $D_1$  と、第1検出体  $D_1$  に積層されて、一端部側より他端部側に向かって漸減する圧電定数  $d_{21} > d_{22} > d_{23}$  を持つ第2検出体  $D_2$  とを備えている。第1および第2検出体  $D_1$ 、 $D_2$  の両出力値  $Q_1$ 、 $Q_2$  の比  $Q_2/Q_1$  を荷重作用位置の検出に用いる。例えば、圧電定数  $d_{21}$  の部分  $P$  に荷重が作用していれば、 $Q_2/Q_1 = d_{21}/d_1$  となる。この  $d_{21}/d_1$  は既得の値として予め求めておくことができ、これと測定値からの  $d_{21}/d_1$  とが略等しければ荷重作用位置は  $P$  となる。また第1検出体  $D_1$  の出力値  $Q_1$  を荷重  $F$  (N) の検出に用いる。即ち、 $F = Q_1/d_1$  である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 全体に亘り均一な圧電定数  $d_1$  を持つ第 1 検出体 ( $D_1$ ) と、前記第 1 検出体 ( $D_1$ ) に積層され、且つその積層方向と交差する方向において、一端部側より他端部側に向って漸減する圧電定数  $d_{21} > d_{22} > d_{23}$  を持つ第 2 検出体 ( $D_2$ ) とを備え、前記第 1 および第 2 検出体 ( $D_1$ ,  $D_2$ ) の両出力値  $Q_1$ ,  $Q_2$  の比  $Q_2/Q_1$  を荷重作用位置の検出に用い、また前記第 1 検出体 ( $D_1$ ) の出力値  $Q_1$  を荷重の検出に用いることを特徴とする圧電式荷重センサ。

【請求項 2】 第 1, 第 2 および第 3 検出体 ( $D_1 \sim D_3$ ) を相互に積層した構造を備え、前記第 1 検出体 ( $D_1$ ) は、その全体に亘り均一な圧電定数  $d_1$  を持ち、前記第 2 検出体 ( $D_2$ ) は、その積層方向と交差する方向において、一端部側より他端部側に向って漸減する圧電定数  $d_{21} > d_{22} > d_{23}$  を持ち、前記第 3 検出体 ( $D_3$ ) は、その積層方向と交差する方向において、一端部側より他端部側に向って漸減する圧電定数  $d_{31} > d_{32} > d_{33}$  を持つと共にその圧電定数漸減方向 (B) が前記第 2 検出体 ( $D_2$ ) の圧電定数漸減方向 (A) と交差するように配置され、前記第 1 および第 2 検出体 ( $D_1$ ,  $D_2$ ) の両出力値  $Q_1$ ,  $Q_2$  の比  $Q_2/Q_1$  を、その第 2 検出体 ( $D_2$ ) の前記圧電定数漸減方向 (A) における荷重作用位置の検出に用い、また前記第 1 および第 3 検出体 ( $D_1$ ,  $D_3$ ) の両出力値  $Q_1$ ,  $Q_3$  の比  $Q_3/Q_1$  を、その第 3 検出体 ( $D_3$ ) の前記圧電定数漸減方向 (B) における荷重作用位置の検出に用い、さらに前記第 1 検出体 ( $D_1$ ) の出力値  $Q_1$  を、各荷重作用位置における荷重の検出に用いることを特徴とする圧電式荷重センサ。

【請求項 3】 前記第 3 検出体 ( $D_3$ ) は、前記第 2 検出体 ( $D_2$ ) を水平面内で  $90^\circ$  回転させたものと同一の構造を有する、請求項 2 記載の圧電式荷重センサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は圧電式荷重センサに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、この種の荷重センサとしては、特開昭 62-297735 号公報に開示された圧電型圧力分布センサが知られている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の荷重センサは、複数の圧電素子について、各圧電素子毎にその発生信号を検出するように構成されているので、複雑な信号処理機構を必要とし、また荷重が作用している圧電素子を検出するためには複数の圧電素子に応じた数だけ検出操作を行わなければならないので、その検出操作が煩雑になると共に検出速度も遅くなる、といった問題を生ずる。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明は、計測物理量を少なくすることにより複雑な信号処理機構を必要とせず、荷重作用位置の検出およびその荷重の検出を迅速に行うことが可能な、構造が簡単で、製造コストの安い前記荷重センサを提供することを目的とする。

【0005】 前記目的を達成するため本発明によれば、全体に亘り均一な圧電定数  $d_1$  を持つ第 1 検出体と、前記第 1 検出体に積層され、且つその積層方向と交差する方向において、一端部側より他端部側に向って漸減する圧電定数  $d_{21} > d_{22} > d_{23}$  を持つ第 2 検出体とを備え、前記第 1 および第 2 検出体の両出力値  $Q_1$ ,  $Q_2$  の比  $Q_2/Q_1$  を荷重作用位置の検出に用い、また前記第 1 検出体の出力値  $Q_1$  を荷重の検出に用いる圧電式荷重センサが提供される。

【0006】 この圧電式荷重センサによれば、荷重作用位置の検出を 1 次元的に行い、且つその荷重の検出をその作用位置に囚われることなく行うことができる。この場合、二つの検出に必要な計測物理量は、第 1, 第 2 検出体の二つの出力値で足りる。これにより複雑な信号処理機構を不要にし、また荷重作用位置の検出等を迅速に行うことが可能である。また、この圧電式荷重センサは構造が簡単であって、製造コストも安価である。

【0007】 また本発明によれば、第 1, 第 2 および第 3 検出体を相互に積層した構造を備え、前記第 1 検出体は、その全体に亘り均一な圧電定数  $d_1$  を持ち、前記第 2 検出体は、その積層方向と交差する方向において、一端部側より他端部側に向って漸減する圧電定数  $d_{21} > d_{22} > d_{23}$  を持ち、前記第 3 検出体は、その積層方向と交差する方向において、一端部側より他端部側に向って漸減する圧電定数  $d_{31} > d_{32} > d_{33}$  を持つと共にその圧電定数漸減方向が前記第 2 検出体の圧電定数漸減方向と交差するように配置され、前記第 1 および第 2 検出体の両出力値  $Q_1$ ,  $Q_2$  の比  $Q_2/Q_1$  を、その第 2 検出体の前記圧電定数漸減方向における荷重作用位置の検出に用い、また前記第 1 および第 3 検出体の両出力値  $Q_1$ ,  $Q_3$  の比  $Q_3/Q_1$  を、その第 3 検出体の前記圧電定数漸減方向における荷重作用位置の検出に用い、さらに前記第 1 検出体の出力値  $Q_1$  を、各荷重作用位置における荷重の検出に用いる圧電式荷重センサが提供される。

【0008】 この圧電式荷重センサによれば、荷重作用位置の検出を 2 次元的に行い、且つその荷重の検出をその作用位置に囚われることなく行うことができる。この場合、三つの検出に必要な計測物理量は、第 1 ~ 第 3 検出体の三つの出力値で足りる。これにより複雑な信号処理機構を不要にし、また荷重作用位置の検出等を迅速に行うことが可能である。また、この圧電式荷重センサは構造が簡単であって、製造コストも安価である。

## 【0009】

【発明の実施の形態】 図 1, 2 に示す圧電式荷重センサ

S<sub>1</sub> は、基台 1 上に配設されて、全体に亘り均一な圧電定数を持つ第 1 検出体 D<sub>1</sub> と、第 1 検出体 D<sub>1</sub> に積層され、且つその積層方向と交差する方向において、一端部側より他端部側に向って、この例では左端部側より右端部側に向って漸減する圧電定数を持つ第 2 検出体 D<sub>2</sub> とを備えており、第 1 および第 2 検出体 D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub> の両出力値 Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> の比 Q<sub>2</sub>/Q<sub>1</sub> が荷重作用位置の検出に用いられ、また第 1 検出体 D<sub>1</sub> の出力値 Q<sub>1</sub> が荷重の検出に用いられる。

【0010】基台 1 はアルミニウム板 2 と、その上面に粘着シート 3 を介して貼付されたポリ塩化ビニル製シート 4 とよりなる。

【0011】第 1 検出体 D<sub>1</sub> は、同一の圧電定数を持つ複数、この例では 3 個の円盤状圧電素子 M<sub>1</sub> と、各圧電素子 M<sub>1</sub> の上、下両端面にそれぞれ導電ペースト 5 を介して貼付された中間部銅箔 6 および下部銅箔 7 と、相隣る両中間部銅箔 6 間および相隣る両下部銅箔 7 間をそれぞれ接続する導線 8 とよりなる。

【0012】各下部銅箔 7 は粘着シート 9 を介してシート 4 上に貼付される。また 3 枚の中間部銅箔 6 と 2 本の導線 8 は中間部導電体 10 を構成する。さらに 3 枚の下部銅箔 7 と 2 本の導線 8 は下部導電体 11 を構成する。

【0013】第 2 検出体 D<sub>2</sub> は、圧電定数を異にする複数、この例では 3 個の円盤状第 1 ～第 3 圧電素子 M<sub>21</sub> ～ M<sub>23</sub> と、各圧電素子 M<sub>21</sub> ～ M<sub>23</sub> の上、下両端面にそれぞれ導電ペースト 5 を介して貼付された上部銅箔 12 および中間部銅箔 6 と、相隣る両上部銅箔 12 間および相隣る両中間部銅箔 6 間をそれぞれ接続する導線 8 とよりなる。

【0014】このように、この例では各中間部導電体 10 は第 1、第 2 検出体 D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub> において共用されている。一方、3 枚の上部銅箔 12 と 2 本の導線 8 は上部導電体 13 を構成する。各上部銅箔 12 を覆うように、それらの上にポリ塩化ビニル製シート 14 が載せられる。

【0015】図 1、2 において、右端に位置する下部銅箔 7 にリード線 15 が接続され、そのリード線 15 は第 1 電量計 CM<sub>1</sub> の端子に接続される。また右端に位置する上部銅箔 12 にリード線 16 が接続され、そのリード線 16 は第 2 電量計 CM<sub>2</sub> の端子に接続される。さらに右端に位置する中間部銅箔 6 にリード線 17 が接続され、そのリード線 17 は第 1、第 2 電量計 CM<sub>1</sub>、CM<sub>2</sub> の両端子間の導線 18 に接続される。

【0016】第 1 検出体 D<sub>1</sub> において、各圧電素子 M<sub>1</sub> の圧電定数は一定であるから、これを d<sub>1</sub> とする。また第 2 検出体 D<sub>2</sub> における第 1 ～第 3 圧電素子 M<sub>21</sub> ～ M<sub>23</sub> の圧電定数をそれぞれ d<sub>21</sub> ～ d<sub>23</sub> とすると、d<sub>21</sub> > d<sub>22</sub> > d<sub>23</sub> の関係が成立している。ここで、圧電定数とは、圧電素子に分極方向に荷重を作用させた際に、その分極方向に発生する電気量（電荷）から算出される値であり、これは以下同じである。

【0017】例えば、第 1 圧電素子 M<sub>21</sub> の位置 P。に荷重 F (N) が作用したとすると、第 1 電量計 CM<sub>1</sub> により Q<sub>1</sub> = d<sub>1</sub> · F の電気量（出力値）が測定され、また第 2 電量計 CM<sub>2</sub> により Q<sub>2</sub> = d<sub>21</sub> · F の電気量（出力値）が測定される。これら両式より、Q<sub>1</sub>/d<sub>1</sub> = Q<sub>2</sub>/d<sub>21</sub> であるから、これを整理すると、Q<sub>2</sub>/Q<sub>1</sub> = d<sub>21</sub>/d<sub>1</sub> となる。したがって、既得の値である圧電定数 d<sub>21</sub>、d<sub>1</sub> よりそれらの比 d<sub>21</sub>/d<sub>1</sub>、つまり位置 P。における理論電気量比 Q<sub>2</sub>/Q<sub>1</sub> を予め求めておけば、この理論電気量比 Q<sub>2</sub>/Q<sub>1</sub> と、両測定電気量 Q<sub>1</sub>、Q<sub>2</sub> からの算出電気量比 Q<sub>2</sub>/Q<sub>1</sub> とを比べることにより、第 1 圧電素子 M<sub>21</sub> の位置 P。に荷重が作用していることを検出することができる。前記理論電気量比 Q<sub>2</sub>/Q<sub>1</sub> は、圧電定数の漸減により第 1 ～第 3 圧電素子 M<sub>21</sub> ～ M<sub>23</sub> の各位置 P。～ P<sub>3</sub> において異なるので、他の位置 P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub> についても、前記同様の方法で荷重作用位置の検出を行うことができる。

【0018】また前記式 Q<sub>1</sub> = d<sub>1</sub> · F から荷重 F (N) は F = Q<sub>1</sub>/d<sub>1</sub> と表わせるので、この式を用いることにより、第 1 ～第 3 圧電素子 M<sub>21</sub> ～ M<sub>23</sub> の何れの位置 P。～ P<sub>3</sub> に荷重が作用していても、その荷重を検出することができる。この場合、荷重 F の単位は N であるから、これを kg 単位の荷重 W に換算するには、W = F/g (g : 9.8 m/sec<sup>2</sup>、重力加速度) とすればよく、したがって W (kg) = Q<sub>1</sub>/(d<sub>1</sub> · g) となる。

【0019】圧電素子の構成材料には BaTiO<sub>3</sub>、Pb(ZrTi)O<sub>3</sub>、KNbO<sub>3</sub>、SrTiO<sub>3</sub>、Pb(MgNb)O<sub>3</sub> 等のペロブスカイト型強誘電体、LiNbO<sub>3</sub>、LiTaO<sub>3</sub> 等の LiNbO<sub>3</sub> 型強誘電体、K<sub>2</sub>Li<sub>2</sub>Nb<sub>2</sub>O<sub>11</sub>、Ba<sub>2</sub>NaNb<sub>2</sub>O<sub>11</sub> 等のタングステンプロズ型強誘電体、水晶 (α-SiO<sub>2</sub>)、ZnO、ベルリナイト (α-AlPO<sub>4</sub>)、ロッシェル塩、P(VDF) 等の圧電性を有する材料が該当する。これらは、通常単独で用いられるが、複合して用いることも可能である。またこれらの材料（複合物を含む）と、ゴム弾性を有する材料またはホリマ等の低弾性率の材料とを複合して柔軟な圧電素子を得ることもできる。

【0020】以下、具体例について説明する。

【0021】図 3、4 に示す圧電式荷重センサ S<sub>2</sub> は、基台 1 上に配設されて、第 1、第 2 および第 3 検出体 D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub> を相互に積層した構造を備えている。

【0022】第 1 検出体 D<sub>1</sub> は、その全体に亘り均一な圧電定数を持つ。また第 2 検出体 D<sub>2</sub> は、その積層方向と交差する方向において、一端部側より他端部側に向って、この例では左端部側より右端部側に向って漸減する圧電定数を持つ。さらに第 3 検出体 D<sub>3</sub> は、その積層方向と交差する方向において、一端部側より他端部側に向って、この例では手前側より向い側に向って漸減する圧電定数を持つ、つまりその圧電定数漸減方向 B が第 2 検出体 D<sub>2</sub> の圧電定数漸減方向 A と交差している。第 1 お

よび第2検出体 $D_1$ 、 $D_2$ の両出力値 $Q_1$ 、 $Q_2$ の比 $Q_2/Q_1$ が、その第2検出体 $D_2$ の圧電定数漸減方向Aにおける荷重作用位置の検出に用いられ、また第1および第3検出体 $D_1$ 、 $D_3$ の両出力値 $Q_1$ 、 $Q_3$ の比 $Q_3/Q_1$ が、その第3検出体 $D_3$ の圧電定数漸減方向Bにおける荷重作用位置の検出に用いられ、さらに前記第1検出体 $D_1$ の出力値 $Q_1$ が、各荷重作用位置における荷重の検出に用いられる。

【0023】基台1の構成は前記のものと同じであり、また荷重センサS<sub>2</sub>上には前記同様にポリ塩化ビニル製

シート14が載せられる。  
【0024】第1検出体 $D_1$ は、具体的には次のように構成される。即ち、同一の圧電定数 $d_1$ を持つ複数、この例では9個の円盤状圧電素子 $M_1$ が、3個宛3列に、相隣るもの相互間に所定の間隔をとって配列される。各圧電素子 $M_1$ の上、下両端面にはそれぞれ導電ペーストを介して第1中間部銅箔6、および下部銅箔7が貼付される。相隣る両第1中間部銅箔6、間および相隣る両下部銅箔7間はそれぞれ導線8により接続される。9枚の下部銅箔7と10本の導線8は下部導電体11を構成する。また9枚の第1中間部銅箔6、と10本の導線8は

第1中間部導電体10<sub>1</sub>を構成する。  
【0025】第2検出体 $D_2$ は、具体的には次のように構成される。即ち、異なる圧電定数を持つ複数、この例では9個の円盤状圧電素子 $M_{21} \sim M_{23}$ が、第1検出体 $D_1$ と同様に、3個宛3列に、相隣るもの相互間に所定の間隔をとって配列される。これら圧電素子 $M_{21} \sim M_{23}$ において、図4、左側の3個を第1圧電素子 $M_{21}$ とし、また中間の3個を第2圧電素子 $M_{22}$ とし、さらに右側の3個を第3圧電素子 $M_{23}$ とする。

【0026】ここで、第1～第3圧電素子 $M_{21} \sim M_{23}$ の圧電定数を $d_{21}$ 、 $d_{22}$ 、 $d_{23}$ とすると、それらの間には $d_{21} > d_{22} > d_{23}$ の関係が成立する。各圧電素子 $M_{21} \sim M_{23}$ の上、下両端面にはそれぞれ導電ペーストを介して第2中間部銅箔6、および第1中間部銅箔6、が貼付さ\*

\*れる。相隣る両第2中間部銅箔6、間は導線8により接続される。9枚の第2中間部銅箔6、と10本の導線8は第2中間部導電体10<sub>2</sub>を構成する。第1中間部導電体10<sub>1</sub>は第1、第2検出体 $D_1$ 、 $D_2$ において共用されている。

【0027】第3検出体 $D_3$ は、具体的には次のように構成される。即ち、異なる圧電定数を持つ複数、この例では9個の円盤状圧電素子 $M_{31} \sim M_{33}$ が、第1検出体 $D_1$ と同様に、3個宛3列に、相隣るもの相互間に所定の間隔をとって配列される。これら圧電素子 $M_{31} \sim M_{33}$ において、図4、手前側の3個を第1圧電素子 $M_{31}$ とし、また中間の3個を第2圧電素子 $M_{32}$ とし、さらに向い側の3個を第3圧電素子 $M_{33}$ とする。

【0028】ここで、第1～第3圧電素子 $M_{31} \sim M_{33}$ の圧電定数を $d_{31}$ 、 $d_{32}$ 、 $d_{33}$ とすると、それらの間には $d_{31} > d_{32} > d_{33}$ の関係が成立する。各圧電素子 $M_{31} \sim M_{33}$ の上、下両端面にはそれぞれ導電ペーストを介して上部銅箔12および第2中間部銅箔6、が貼付される。相隣る両上部銅箔12間は導線8により接続される。9枚の上部銅箔12と10本の導線8は上部導電体13を構成する。第2中間部導電体10<sub>2</sub>は第2、第3検出体 $D_2$ 、 $D_3$ において共用されている。

【0029】1つの角部に在り、且つ3個の圧電素子よりなる圧電素子の積層体において、4枚の銅箔7、6<sub>1</sub>、6<sub>2</sub>、12にそれぞれリード線19～22が接続され、前記同様の手段で、相隣る両リード線19、20；20、21；21、22間に発生する電気量 $Q_1 \sim Q_3$ をそれぞれ測定し得るようになっている。

【0030】第1検出体 $D_1$ における各圧電素子 $M_1$ および第2、第3検出体 $D_2$ 、 $D_3$ における各第1～各第3圧電素子 $M_{21}$ 、 $M_{31} \sim M_{23}$ 、 $M_{33}$ の組成および圧電定数は表1の通りである。

【0031】

【表1】

		組 成	圧 電 定 数 (pC/N)
第1検出体	圧 電 素 子	$Pb(Zr_{0.5}Ti_{0.5})O_3$	97.8 ( $d_1$ )
第2検出体 および 第3検出体	第1圧電素子	$Pb(Zr_{0.62}Ti_{0.48})O_3$	142.5 ( $d_{21}$ , $d_{31}$ )
	第2圧電素子	$Pb(Zr_{0.5}Ti_{0.5})O_3$	97.8 ( $d_{22}$ , $d_{32}$ )
	第3圧電素子	$Pb(Zr_{0.48}Ti_{0.52})O_3$	61.7 ( $d_{23}$ , $d_{33}$ )

【0032】表1から明らかなように、第1検出体 $D_1$ の各圧電素子 $M_1$ は、第2、第3検出体 $D_2$ 、 $D_3$ の各第2圧電素子 $M_{22}$ 、 $M_{32}$ と同一組成であると共に同一の圧電定数を持つ。また第2検出体 $D_2$ の第1～第3圧電

素子 $M_{21} \sim M_{23}$ は、第3検出体 $D_3$ の第1～第3圧電素子 $M_{31} \sim M_{33}$ とそれぞれ同一組成であると共に同一の圧電定数を持つ。したがって第3検出体 $D_3$ は、第2検出体 $D_2$ を、図4において、水平面内で反時計方向に90

・回転させたものと同一の構造を有する。

【0033】第2検出体D<sub>2</sub>における第1～第3圧電素子M<sub>21</sub>～M<sub>23</sub>の圧電定数漸減方向Aにx軸を、また第3検出体D<sub>3</sub>における第1～第3圧電素子M<sub>31</sub>～M<sub>33</sub>の圧電定数漸減方向Bにy軸をそれぞれとって、各圧電素子\*

\*積層体の荷重作用位置Pをxy座標で表わしたとき、各荷重作用位置Pxyにおける理論電気量比Q<sub>2</sub>/Q<sub>1</sub>およびQ<sub>3</sub>/Q<sub>1</sub>を算出すると表2のようになる。

【0034】

【表2】

荷重作用位置 Pxy	理論電気量比			
	Q <sub>2</sub> /Q <sub>1</sub>		Q <sub>3</sub> /Q <sub>1</sub>	
P <sub>00</sub>	1.46	d <sub>21</sub> /d <sub>1</sub>	1.46	d <sub>31</sub> /d <sub>1</sub>
P <sub>01</sub>	1.46		1.00	d <sub>32</sub> /d <sub>1</sub>
P <sub>02</sub>	1.46		0.63	d <sub>33</sub> /d <sub>1</sub>
P <sub>10</sub>	1.00	d <sub>22</sub> /d <sub>1</sub>	1.46	d <sub>31</sub> /d <sub>1</sub>
P <sub>11</sub>	1.00		1.00	d <sub>32</sub> /d <sub>1</sub>
P <sub>12</sub>	1.00		0.63	d <sub>33</sub> /d <sub>1</sub>
P <sub>20</sub>	0.63	d <sub>23</sub> /d <sub>1</sub>	1.46	d <sub>31</sub> /d <sub>1</sub>
P <sub>21</sub>	0.63		1.00	d <sub>32</sub> /d <sub>1</sub>
P <sub>22</sub>	0.63		0.63	d <sub>33</sub> /d <sub>1</sub>

【0035】次に、荷重作用位置P<sub>00</sub>にそれぞれ1.0 kg、2.0 kg、5.0 kgおよび10.0 kgの荷重（実荷重）を作用させ、各荷重毎に発生電気量Q<sub>1</sub>～Q<sub>3</sub>を測定し、それらの測定値に基づいて両発生電気量の比Q<sub>2</sub>/Q<sub>1</sub>およびQ<sub>3</sub>/Q<sub>1</sub>ならびに前記式 $W = Q_1 / (d_1 \cdot g)$ を用いて荷重Wを算出した。前記同様の測定および算出を、荷重作用位置P<sub>10</sub>、P<sub>20</sub>、P<sub>21</sub>、P<sub>22</sub>の4

箇所に関しても行った。

【0036】表3はこれらの結果を示す。表3において、発生電気量Q<sub>1</sub>～Q<sub>3</sub>の単位はnC（ナノクーロン）、荷重Wの単位はkgである。

【0037】

【表3】

荷重作用位置 $P \times y$	荷重 (kg)	発生電気量 (nC)			$Q_2 / Q_1$		$Q_3 / Q_1$		算出荷重 W (kg)
		$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	算出値	理論値	算出値	理論値	
$P_{00}$	1.0	0.97	1.28	1.38	1.32	1.46	1.42	1.46	1.01
	2.0	1.88	2.80	2.48	1.49		1.32		1.96
	5.0	4.78	6.69	6.46	1.40		1.35		4.99
	10.0	9.19	13.25	13.87	1.44		1.51		9.59
$P_{10}$	1.0	0.99	0.96	1.32	0.97	1.00	1.33	1.46	1.03
	2.0	1.88	2.04	2.62	1.09		1.39		1.96
	5.0	4.62	4.64	6.78	1.00		1.47		4.82
	10.0	9.59	9.89	13.73	1.03		1.43		10.00
$P_{20}$	1.0	0.98	0.56	1.53	0.57	0.63	1.56	1.46	1.02
	2.0	1.94	1.06	2.88	0.55		1.48		2.02
	5.0	4.85	3.05	6.71	0.63		1.38		5.06
	10.0	9.66	5.80	13.48	0.60		1.40		10.08
$P_{21}$	1.0	1.01	0.60	0.94	0.60	0.63	0.93	1.00	1.05
	2.0	1.89	1.28	2.06	0.68		1.09		1.97
	5.0	5.20	2.82	5.09	0.54		0.98		5.43
	10.0	10.37	6.05	10.04	0.58		0.97		10.82
$P_{22}$	1.0	0.90	0.61	0.57	0.68	0.63	0.63	0.63	0.94
	2.0	1.86	1.32	1.20	0.71		0.65		1.94
	5.0	4.28	3.35	2.79	0.78		0.65		4.47
	10.0	8.72	6.31	5.33	0.72		0.61		9.10

【0038】荷重作用位置  $P_{00}$  ;  $P_{10}$  ;  $P_{20}$  ,  $P_{21}$  ,  $P_{22}$  , したがって  $x = 0$  ;  $x = 1$  ;  $x_2$  について理論電気量比  $Q_2 / Q_1$  と表3の測定値からの算出電気量比  $Q_2 / Q_1$  を比べ、また荷重作用位置  $P_{00}$  ,  $P_{10}$  ,  $P_{20}$  ;  $P_{21}$  ;  $P_{22}$  , したがって  $y = 0$  ;  $y = 1$  ;  $y = 2$  について\*

\* 理論電気量比  $Q_2 / Q_1$  と表3の測定値からの算出電気量比  $Q_2 / Q_1$  を比べると表4のようになる。

【0039】

【表4】

荷重作用位置	$Q_2 / Q_1$			
	理論値	算出値		
		平均値	最小値	最大値
$x = 0$ ( $P_{00}$ )	1.46	1.41	1.32	1.49
$x = 1$ ( $P_{10}$ )	1.00	1.03	0.97	1.09
$x = 2$ ( $P_{20}$ , $P_{21}$ , $P_{22}$ )	0.63	0.66	0.54	0.78
荷重作用位置	$Q_3 / Q_1$			
	理論値	算出値		
		平均値	最小値	最大値
$y = 0$ ( $P_{00}$ , $P_{10}$ , $P_{20}$ )	1.46	1.44	1.32	1.56
$y = 1$ ( $P_{21}$ )	1.00	1.01	0.93	1.09
$y = 2$ ( $P_{22}$ )	0.63	0.63	0.61	0.65

【0040】図5は、表4の  $x = 0$  , 1 , 2 について、理論電気量比と算出電気量比との関係をグラフ化したものである。

【0041】表4、図5から明らかなように、理論電気量比と算出電気量比とがよく一致しており、したがって算出電気量比  $Q_2 / Q_1$  により  $x$  軸方向における荷重作

用位置を検出することができ、また算出電気量比 $Q_1/Q_2$ により $y$ 軸方向における荷重作用位置を検出することができる。つまり、この荷重センサ $S_1$ によれば2次元的に荷重作用位置を検出することが可能である。

\*

\*【0042】また実荷重と表3の算出荷重 $W$ を比べると表5のようになる。

【0043】

【表5】

実荷重 (kg)	算出荷重 $W$ (kg)		
	平均値	最小値	最大値
1.0	1.00	0.94	1.05
2.0	1.98	1.94	2.02
5.0	4.95	4.47	5.43
10.0	9.96	9.10	10.82

【0044】図6は、表5に基づいて実荷重と算出荷重との関係をグラフ化したものである。表5、図6から明らかなように、実荷重と算出荷重とがよく一致しており、これにより荷重の検出を行うことが十分に可能であることが判る。

【0045】なお、第1～第3検出体 $D_1 \sim D_3$ の積層方向における位置は前記具体例に限定されない。圧電素子としては、例えば、図1における第1検出体 $D_1$ の全3個の圧電素子 $M_1$ 、および第2検出体 $D_2$ の全3個の圧電素子 $M_{21} \sim M_{23}$ をそれぞれ1つにまとめたような直方体状をなすもの、図4の第1検出体 $D_1$ の全9個の圧電素子 $M_1$ 、第2検出体 $D_2$ の全9個の圧電素子 $M_{21} \sim M_{23}$ 、および第3検出体 $D_3$ の全9個の圧電素子 $M_{31} \sim M_{33}$ を、それぞれ1つにまとめたような平板状をなすもの等を使用することが可能である。また圧電素子としては、直方体状、平板状等の形態を有し、且つ圧電定数が一端部側から他端部側に向かって直線的に漸減するものも使用可能である。

【0046】

【発明の効果】請求項1記載の発明によれば、計測物理量を少なくすることにより複雑な信号処理機構を必要とせず、荷重作用位置の検出を1次元的に、またその荷重の検出をその作用位置に囚われることなく、それぞれ迅速に行うことが可能な、構造が簡単で、製造コストの安い圧電式荷重センサを提供することができる。

20

【0047】請求項2記載の発明によれば、前記効果に加え、荷重作用位置の検出を2次元的に、且つ迅速に行うことが可能な圧電式荷重センサを提供することができる。

【0048】請求項3記載の発明によれば、荷重作用位置を2次元的に検出することが可能な圧電式荷重センサにおいて、その製造コストを一層低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】圧電式荷重センサの第1例の斜視図である。

【図2】圧電式荷重センサの第1例の分解図である。

【図3】圧電式荷重センサの第2例の斜視図である。

【図4】圧電式荷重センサの第2例の分解斜視図である。

30

【図5】理論電気量比と算出電気量比との関係を示すグラフである。

【図6】実荷重と算出荷重との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

A, B 圧電定数漸減方向

 $D_1 \sim D_3$  第1～第3検出体 $Q_1 \sim Q_3$  出力値 $S_1, S_2$  圧電式荷重センサ $d_1, d_{21} \sim d_{23}, d_{31} \sim d_{33}$  圧電定数

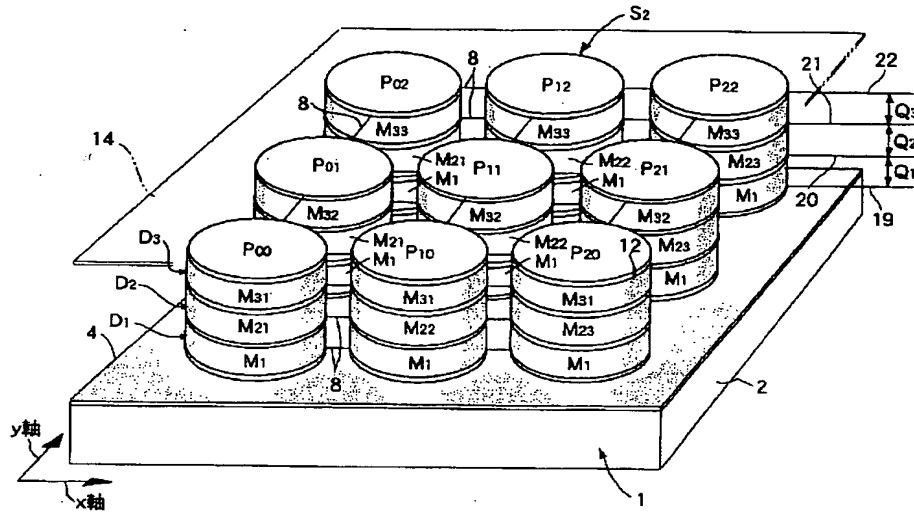
40



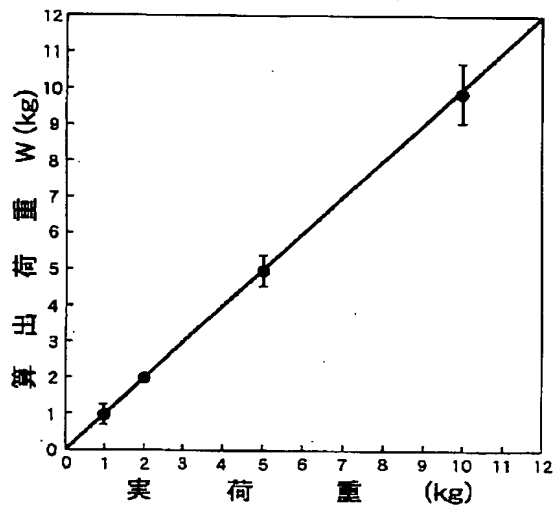
[illegible]

Figure 1 is a scatter plot with a line of best fit. The x-axis is labeled '理論電氣量比' (Theoretical Electrical Quantity Ratio) and the y-axis is labeled '算出電氣量比' (Calculated Electrical Quantity Ratio). Both axes range from 0 to 2. A diagonal line represents the identity line (y=x). Three data points are plotted with error bars: one at approximately (0.65, 0.65) labeled 'x=2(P\_{20}, P\_{21}, P\_{22})', one at (1.0, 1.0) labeled 'x=1(P\_{10})', and one at approximately (1.45, 1.4) labeled 'x=0(P\_{00})'.

【図 3】



【図 6】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKÉWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**